

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2003

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8



L'épreuve a été conçue pour être traitée SANS calculatrice

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9, y compris celle-ci.

Le feuillet de l'annexe A (pages A1, A2, A3 et A4), inséré au milieu de ce sujet, EST À RENDRE AVEC LA COPIE.

Le candidat doit traiter les trois exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Le microscope optique (4 points) (spécialité)
- II. L'arôme de banane (6,5 points)
- III. Temps caractéristiques de quelques systèmes (5,5 points)

EXERCICE I. LE MICROSCOPE OPTIQUE (4 points)

Le texte ci-dessous, extrait d'un ouvrage de vulgarisation scientifique, donne une description sommaire du microscope.

« La partie optique du microscope se compose d'un oculaire et d'un objectif. L'oculaire est une lentille près de laquelle on applique l'œil ; l'objectif se trouve très près de l'objet. On place l'objet à une distance légèrement supérieure à la distance focale de l'objectif. Dans l'espace compris entre l'oculaire et l'objectif se forme une image renversée et grossie de l'objet. Il faut que cette image se situe entre l'oculaire et son foyer, car l'oculaire joue le rôle de loupe à travers laquelle on examine l'objet. On démontre que le grossissement du microscope est égal au produit des grossissements de l'oculaire et de l'objectif, pris séparément (...) Le microscope ne permet pas de discerner les détails d'un objet inférieurs au micromètre. Les détails de l'ordre du millimètre sont discernables à l'œil nu.

D'après : *La physique à la portée de tous*, de Alexandre Kitaïgorodski (professeur et docteur ès sciences et mathématiques).

1. QUESTIONS À PROPOS DU TEXTE

- 1.1. Est-il possible d'observer à l'œil nu des cellules d'épiderme d'oignon dont les dimensions sont de quelques dizaines de micromètres ? La réponse sera justifiée.
- 1.2. Faire un schéma, sans souci d'échelle, du microscope décrit dans le texte. Aucune construction de rayons lumineux n'est demandée. Sur ce schéma, figureront en particulier : l'objectif (L_1), l'oculaire (L_2), les centres optiques O_1 et O_2 respectivement des lentilles (L_1) et (L_2), les foyers objet et image de chacune d'elles, un objet (AB), A étant sur l'axe optique, l'image intermédiaire (A_1B_1) de cet objet et l'œil.
- 1.3. Dans le texte, l'auteur mentionne le terme « image intermédiaire ». Pour quelle lentille joue-t-elle le rôle d'objet ? Pour quelle lentille joue-t-elle le rôle d'image ?

2. MODÉLISATION D'UN MICROSCOPE

On modélise un microscope à l'aide de deux lentilles minces convergentes :

- l'objectif (L_1) de centre optique O_1 , de foyer objet F_1 et de foyer image F'_1 , de distance focale $f'_1 = 2,0$ cm ;
- l'oculaire (L_2) de centre optique O_2 , de foyer objet F_2 et de foyer image F'_2 , de distance focale $f'_2 = 4,0$ cm.

Les deux lentilles ont même axe optique et $O_1O_2 = 14,0$ cm.

Un objet plan (AB) perpendiculaire à l'axe optique est placé en avant de la lentille (L_1).

Le point A de l'objet appartient à l'axe optique. La lentille (L_1) donne de l'objet (AB) une image (A_1B_1).

La lentille (L_2) permet d'obtenir l'image définitive (A_2B_2).

Pour ne pas fatiguer l'œil, l'image définitive doit se former à l'infini. Les lentilles (L_1) et (L_2) étant fixes l'une par rapport à l'autre, il est donc nécessaire de trouver la position de l'objet permettant de faire une observation dans ces conditions.

2.1. Rôle de l'oculaire

2.1.1 Justifier à partir d'une relation de conjugaison, le fait que l'image intermédiaire se forme nécessairement au niveau du foyer objet de l'oculaire. On appellera (A_2B_2) l'image définitive.

2.1.2 Sur la figure 1 donnée à l'annexe page A4 À **RENDRE AVEC LA COPIE**, sont représentés l'oculaire, ainsi que l'image intermédiaire (A_1B_1) . La figure est réalisée à l'échelle 1/1 sauf pour (A_1B_1) qui est représentée sans souci d'échelle.

- Placer les foyers F_2 et F'_2 ;
- construire la marche du faisceau lumineux délimité par les deux rayons lumineux représentés sur la figure 1 de l'annexe page A4 À **RENDRE AVEC LA COPIE** ;
- en déduire où se trouve l'image définitive (A_2B_2) .

2.2. Rôle de l'objectif

Sur la figure 2 donnée à l'annexe page A4 À **RENDRE AVEC LA COPIE**, sont représentés l'objectif avec ses foyers objet et image, ainsi que l'image intermédiaire (A_1B_1) . La figure est réalisée à l'échelle 1/1 sauf pour (A_1B_1) qui est représentée sans souci d'échelle.

2.2.1 Construire l'objet (AB) .

2.2.2 Définir le grandissement γ_{ob} de l'objectif. Montrer, en utilisant la construction graphique, qu'il est de l'ordre de : - 4.

2.3. Grossissement du microscope

Le grossissement G du microscope peut être calculé à partir du grandissement γ_{ob} de l'objectif et du grossissement G_{oc} de l'oculaire par la relation : $G = |\gamma_{ob}| \cdot G_{oc}$

2.3.1. Dans le texte donné en début d'exercice, il est fait référence au grossissement du microscope. En tenant compte de la définition donnée ci-dessus, indiquer quel abus de langage fréquent figure dans le texte.

2.3.2. On se propose d'utiliser le microscope modélisé pour observer des cellules d'épiderme d'oignon de dimension $80 \mu\text{m}$.

Le grossissement du microscope modélisé vaut $G = 25$.

Ce grossissement est donné par la relation $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ où :

- α désigne le diamètre apparent de l'objet observé à l'œil nu, à 25 cm de cet objet ;
- α' désigne le diamètre apparent de l'image définitive (A_2B_2) formée à l'infini.

Dans le cas d'une cellule d'épiderme d'oignon, $\alpha = 3,2 \times 10^{-4}$ rad.

Calculer la valeur du diamètre apparent α' pour une cellule d'épiderme d'oignon observée à travers le microscope modélisé.

2.3.3. On considère que deux points d'un objet sont aisément discernables à l'œil nu, s'ils sont observés sous un diamètre apparent supérieur ou égal à 4×10^{-3} rad.

Le microscope modélisé permet-il d'observer une cellule d'épiderme d'oignon ? Justifier.

EXERCICE II. L'ARÔME DE BANANE (6,5 points)

Les parties 1, 2, 3, 4, et 5 sont indépendantes.

L'arôme de banane est dû :

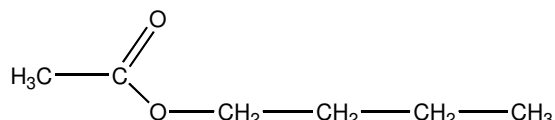
- soit à la présence d'extraits naturels de banane ;
- soit à la présence d'un composé artificiel, l'acétate de butyle (ou éthanoate de butyle).

1. COMPOSÉ NATUREL OU COMPOSÉ ARTIFICIEL ?

Donner une des raisons qui font qu'un industriel puisse plutôt avoir recours à l'utilisation du composé artificiel.

2. QUESTIONS PRÉLIMINAIRES.

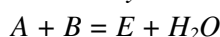
L'acétate de butyle a pour formule semi-développée :



2.1. À quelle famille de composés organiques appartient cette espèce chimique ?

2.2. La synthèse de l'acétate de butyle (E) peut être réalisée à partir d'un acide carboxylique (A) et d'un alcool (B).

L'équation associée à la réaction modélisant la synthèse de E s'écrit :



Parmi les composés cités ci-dessous reconnaître les composés A et B.

<i>Acide carboxylique</i>		<i>Alcool</i>	
<i>acide méthanoïque</i>	HCO_2H	<i>butan-1-ol</i>	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
<i>acide acétique (ou acide éthanoïque)</i>	$\text{CH}_3 - \text{CO}_2\text{H}$	<i>éthanol</i>	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
<i>acide butanoïque</i>	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CO}_2\text{H}$	<i>propan-1-ol</i>	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$

3. SYNTHÈSE DE L'ACÉTATE DE BUTYLE AU LABORATOIRE.

On se propose de synthétiser au laboratoire l'acétate de butyle (E) à partir des composés A et B et de réaliser un suivi cinétique de cette synthèse.

Pour cela, dans un becher placé dans un bain d'eau glacée, on introduit :

- un volume $V_A = 5,8 \text{ mL}$ d'acide carboxylique A ;
- un volume $V_B = 9,2 \text{ mL}$ d'alcool B (soit $0,10 \text{ mol}$) ;
- quelques gouttes d'acide sulfurique concentré.

Données :

	<i>masse molaire M (en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)</i>	<i>masse volumique μ (en $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)</i>	<i>température d'ébullition sous pression normale θ_{eb} (en $^\circ\text{C}$)</i>
A	60	1,05	118,2
B	74	0,81	117,7
E	116	0,87	126,5
eau	18	1,00	100,0

3.1. Indiquer pourquoi il est nécessaire de placer initialement le becher dans un bain d'eau glacée.

3.2. Justifier succinctement l'intérêt d'ajouter de l'acide sulfurique sachant qu'il ne participe pas à la transformation chimique étudiée.

3.3. Le mélange initial {acide + alcool} est équimolaire : la quantité d'acide introduit est égale à 0,10 mole.

En utilisant les données, écrire l'expression littérale permettant de calculer la quantité d'acide carboxylique A introduite dans un volume V_A .

3.4. Déterminer l'avancement maximal de la réaction dans ces conditions. Pour la résolution de cette question, l'utilisation ou non d'un tableau d'avancement est laissée au choix du candidat.

4. SUIVI DE LA SYNTHÈSE PAR TITRAGE DE L'ACIDE RESTANT.

On agite le mélange initial et on répartit avec précision le mélange dans 10 tubes à essais placés préalablement dans un bain d'eau glacée ; chaque tube contient ainsi un dixième du volume du mélange initial. On munit chaque tube d'un réfrigérant.

On place ensuite simultanément tous les tubes dans un bain thermostaté à 80°C et on déclenche alors le chronomètre (instant de date $t_0 = 0$ s).

Afin de réaliser un suivi temporel de la synthèse de l'acétate de butyle, on dose, à des dates déterminées, les acides restants (acide sulfurique et acide carboxylique A) dans chacun des tubes par une solution de soude de concentration molaire apportée $c = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$, en présence d'un indicateur coloré. Avant chaque titrage, on plonge le tube dans un bain d'eau glacée.

Une étude préalable a permis de connaître le volume de soude nécessaire au titrage de l'acide sulfurique présent dans chacun des tubes.

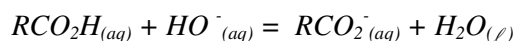
Les résultats expérimentaux des titrages successifs sont donnés ci-dessous. On désigne par V_{eq} le volume de soude nécessaire au titrage de l'acide carboxylique seul.

t (en min)	0	5	10	15	20	30	45	60	75	90
V_{eq} (en mL)	10,0	6,3	5,0	4,4	4,0	3,7	3,4	3,3	3,3	3,3

4.1. Quel est le rôle de l'indicateur coloré ?

4.2. Justifier, sans calcul, l'évolution au cours du temps du volume de soude à verser pour atteindre l'équivalence.

4.3. L'équation chimique associée au titrage de l'acide carboxylique seul par la soude est la suivante :



Définir l'équivalence correspondant à ce titrage.

4.4. En raisonnant sur le contenu d'un tube (c'est-à-dire sur un volume égal au dixième du volume du mélange réactionnel initial), exprimer la quantité d'acide carboxylique présent dans un tube à un instant de date t en fonction de c et V_{eq} . Pour la résolution de cette question, le candidat pourra, s'il le souhaite, utiliser un tableau d'avancement.

4.5. Pour la totalité du mélange initialement préparé {5,8 mL d'acide carboxylique A et 9,2 mL d'alcool B} :

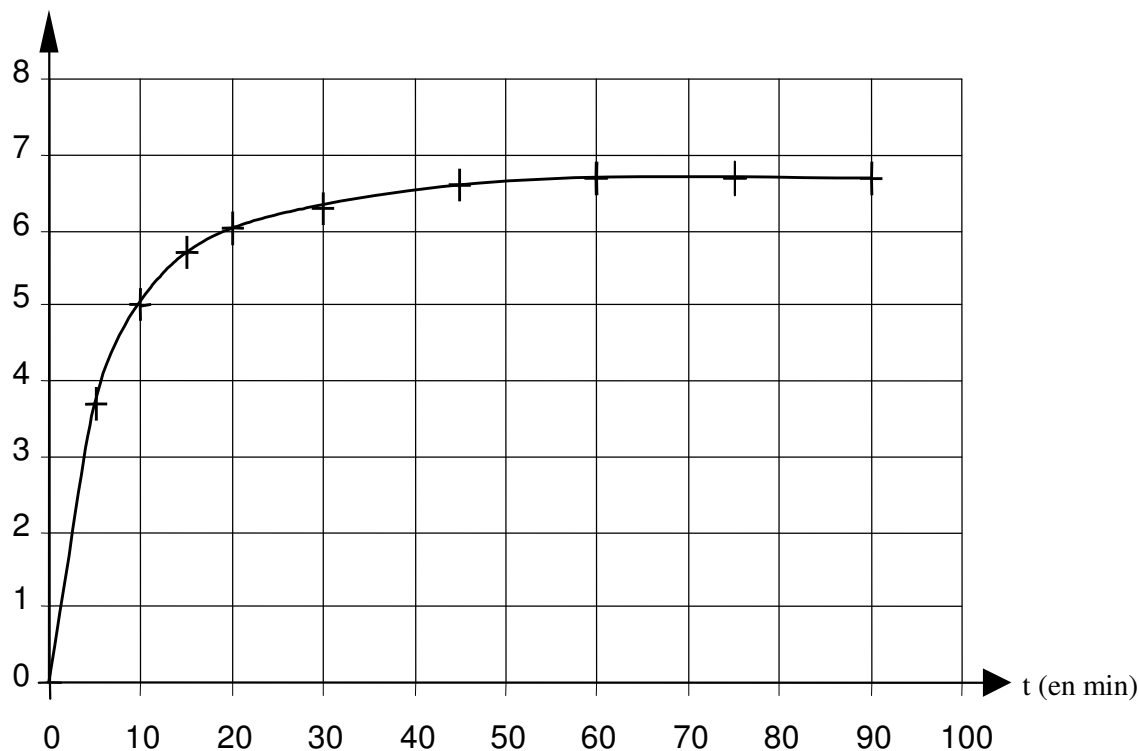
4.5.1. Préciser la relation existant entre l'avancement de la **réaction de synthèse de l'ester** et la quantité d'ester formé. Pour la résolution de cette question, l'utilisation ou non d'un tableau d'avancement est laissée au choix du candidat.

4.5.2. Montrer qu'à une date t donnée, l'avancement de cette **réaction de synthèse de l'ester** est donné par la relation : $x = 0,10 - 10 \cdot c \cdot V_{eq}$.

5. ÉVOLUTION TEMPORELLE DE L'AVANCEMENT DE LA SYNTHÈSE ORGANIQUE.

À partir des résultats expérimentaux, il est donc possible de tracer la courbe donnant l'évolution temporelle de l'avancement x de la réaction de synthèse pour le mélange initial. La courbe est donnée ci-dessous :

x (en 10^{-2} mol)



- 5.1.** Déterminer graphiquement la valeur de l'avancement final. En utilisant le résultat de la question 3.4., montrer que le taux d'avancement final est inférieur à 1.
- 5.2.** À partir des résultats de la question 5.1. et de l'allure de la courbe $x = f(t)$, justifier chacune des deux propositions suivantes :
- la transformation chimique est lente ;
 - la transformation chimique n'est pas totale.
- 5.3.** Au bout d'une certaine durée, le système chimique est en état d'« équilibre dynamique ». Expliquer cette expression.
- 5.4.** La transformation réalisée est lente et non totale ce qui entraîne deux inconvénients pour cette synthèse.
- 5.4.1.** À partir des mêmes réactifs (acide carboxylique A et alcool B) et du même catalyseur :
- indiquer une méthode permettant d'accélérer la synthèse de l'acétate de butyle ;
 - indiquer une méthode permettant d'augmenter le taux d'avancement à l'équilibre.
- 5.4.2.** Pour synthétiser l'acétate de butyle par une transformation chimique rapide et totale, il est possible de remplacer l'acide carboxylique A par un de ses dérivés.
Donner son nom et sa formule semi-développée.

EXERCICE III. TEMPS CARACTÉRISTIQUES DE QUELQUES SYSTÈMES (5,5 points)

Les parties 1, 2 et 3 de cet exercice sont indépendantes, toutefois l'objectif de cette étude expérimentale consiste, pour trois systèmes différents :

- d'une part, à étudier un « temps » défini comme « temps caractéristique »
- d'autre part, à observer l'influence éventuelle sur ce temps caractéristique :
 - de grandeurs caractéristiques ;
 - de conditions initiales ;
 - de paramètres extérieurs.

Pour chacun des phénomènes, les grandeurs caractéristiques, les conditions initiales et les paramètres extérieurs envisagés sont précisés dans le tableau de données.

1. DÉCROISSANCE RADIOACTIVE

Un échantillon de matière radioactive est placé dans la chambre d'un photomultiplicateur.

Un détecteur, associé au photomultiplicateur, mesure un nombre d'événements, pendant une durée Δt déterminée.

On trace la courbe d'évolution du nombre d'événements mesuré par seconde (noté x), au cours du temps. Soit x_0 la valeur de x à l'instant choisi pour origine des dates.

On réalise des mesures avec des échantillons de radon $^{220}_{86}\text{Rn}$ et de radon $^{222}_{86}\text{Rn}$ qui sont des émetteurs α .

Le tableau ci-dessous résume les conditions expérimentales de cette étude :

	expérience 1	expérience 2	Expérience 3
Grandeurs caractéristiques du système : nature du noyau	radon 220	radon 220	radon 222
Conditions initiales : population initiale de noyaux radioactifs $N_0 \neq N_0' \neq N_0''$	N_0	N_0'	N_0''
Paramètres extérieurs	Aucune modification des paramètres extérieurs		
Temps caractéristique	$t_{1/2} = 55,5 \text{ s}$	$t_{1/2} = 55,5 \text{ s}$	$t_{1/2} = ?$ (déterminé à la question 1.3.)

Les courbes correspondant à cette étude et donnant l'évolution de x au cours du temps sont représentées à l'annexe page A2 (À COMPLÉTER ET À RENDRE AVEC LA COPIE).

1.1. Définir le temps de demi-vie (ou demi-vie).

1.2. La loi de décroissance radioactive s'écrit sous la forme $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$, où :

N est le nombre de noyaux radioactifs présents à l'instant de date t ,

N_0 est le nombre de noyaux radioactifs présents à l'instant choisi pour origine des dates $t_0 = 0 \text{ s}$,

λ est la constante radioactive.

En utilisant la définition du temps de demi-vie, établir l'expression de λ en fonction de $t_{1/2}$.

1.3. Dans le cas de l'expérience 3, déterminer graphiquement la valeur du temps de demi-vie.

La détermination devra apparaître clairement sur la courbe (3) de l'annexe page A2 (À COMPLÉTER ET À RENDRE AVEC LA COPIE).

Pour cette détermination, on admettra que le nombre d'événements détectés par seconde, à l'instant de date t , est proportionnel au nombre de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon, à cette même date.

Pour déterminer le temps de demi-vie, on peut alors utiliser la courbe $x = f(t)$ de la même façon que celle représentant le nombre de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon en fonction du temps.

1.4. En justifiant les réponses à partir des données du tableau et du résultat obtenu à la question 1.3. préciser :

- si les grandeurs caractéristiques ont une influence sur la valeur du temps de demi-vie ;
- si les conditions initiales ont une influence sur la valeur du temps de demi-vie.

2. CHARGE D'UN CONDENSATEUR À TRAVERS UN CONDUCTEUR OHMIQUE

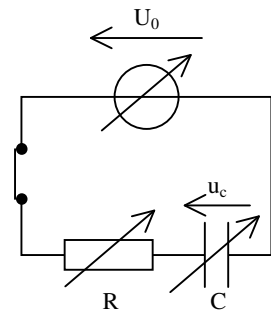
Soit un dipôle RC constitué d'un condensateur de capacité C réglable et d'un conducteur ohmique de résistance R réglable. On étudie la charge du condensateur à travers le conducteur ohmique.

Pour cela, on réalise le montage de la figure ci-contre.

Le générateur délivre, à ses bornes, une tension constante U_0 réglable.

Au cours d'une expérience avec acquisition et traitement informatisés des données, on enregistre les variations de la tension u_C aux bornes du condensateur au cours du temps.

À chaque nouvelle expérience, on ne change qu'une seule des conditions expérimentales. Le tableau ci-dessous résume les conditions expérimentales de cette étude :



	expérience 1	expérience 2	expérience 3	expérience 4
Grandeurs caractéristiques du système	$R = 20 \text{ k}\Omega$	$R = 20 \text{ k}\Omega$	$R = 10 \text{ k}\Omega$	$R = 20 \text{ k}\Omega$
	$C = 31 \text{ }\mu\text{F}$	$C = 31 \text{ }\mu\text{F}$	$C = 31 \text{ }\mu\text{F}$	$C = 12,5 \text{ }\mu\text{F}$
Conditions initiales : $u_C(\text{à } t_0 = 0 \text{ s}) = 0,0 \text{ V}$	Aucune modification des conditions initiales			
Paramètres extérieurs	$U_0 = 4,25 \text{ V}$	$U_0 = 5,00 \text{ V}$	$U_0 = 4,25 \text{ V}$	$U_0 = 4,25 \text{ V}$
Temps caractéristique	$\tau_1 = 0,62 \text{ s}$	$\tau_2 = 0,62 \text{ s}$	$\tau_3 = 0,31 \text{ s}$	$\tau_4 = ?$ (déterminé à la question 2.1.)

Les courbes correspondant à cette étude et donnant l'évolution de la tension u_C au cours du temps sont représentées à l'annexe page A3 (À **COMPLÉTER ET À RENDRE AVEC LA COPIE**).

2.1. Dans le cas de l'expérience 4, déterminer graphiquement par une méthode au choix, la constante de temps du circuit. La méthode sera explicitée et la détermination devra apparaître clairement sur la courbe.

2.2. En justifiant les réponses à partir des données du tableau et du résultat obtenu à la question 2.1., préciser :

- si les grandeurs caractéristiques ont une influence sur la valeur de la constante de temps ;
- si les paramètres extérieurs ont une influence sur la valeur de la constante de temps.

2.3 Plusieurs expressions de la constante de temps τ d'un circuit RC sont proposées ci-dessous :

$$\tau = U_0 RC \quad (1) \quad ; \quad \tau = \frac{U_0}{RC} \quad (2) \quad ; \quad \tau = \frac{R}{C} \quad (3)$$

$$\tau = \frac{C}{R} \quad (4) \quad ; \quad \tau = RC \quad (5) \quad ; \quad \tau = \sqrt{RC} \quad (6)$$

2.3.1 À partir de l'étude expérimentale précédente, justifier qu'une seule expression est à retenir.

2.3.2 Vérifier par une analyse dimensionnelle l'expression de la constante de temps trouvée à la question 2.3.1.

3. CHUTE AVEC FROTTEMENTS

À partir d'une même position de l'espace, on réalise dans deux fluides différents, la chute verticale sans vitesse initiale de solides de petites dimensions, de même forme, de même volume, mais de masses différentes. On filme la chute et un dispositif informatique permet de tracer la courbe donnant l'évolution de la vitesse v du centre d'inertie du solide en fonction du temps.

À chaque nouvelle expérience, on ne change qu'une seule des conditions expérimentales.

Le tableau ci-dessous résume les conditions expérimentales de cette étude :

	expérience 1 : solide A	expérience 2 : solide A	expérience 3 : solide B
Grandeurs caractéristiques du système	volume V	volume V	volume V
	masse m	masse m	masse m' ($m' \neq m$)
Conditions initiales : Position initiale Vitesse initiale	Aucune modification des conditions initiales		
Paramètres extérieurs	fluide : eau	fluide : détergent	fluide : eau
Temps caractéristique	$\tau_1 = 0,21 \text{ s}$	$\tau_2 = 0,15 \text{ s}$	$\tau_3 = ?$ (déterminé à la question 3.1.)

Les courbes correspondant à cette étude et donnant l'évolution de la vitesse v au cours du temps sont représentées à l'annexe page A3 (À **COMPLÉTER ET À RENDRE AVEC LA COPIE**).

- 3.1.** Dans le cas de l'expérience 3, déterminer graphiquement le temps caractéristique.
La détermination devra apparaître clairement sur la courbe.
- 3.2.** En justifiant les réponses à partir des données du tableau et du résultat obtenu à la question **3.1.**, préciser :
- si les grandeurs caractéristiques ont une influence sur la valeur du temps caractéristique ;
 - si les paramètres extérieurs ont une influence sur la valeur du temps caractéristique.
- 3.3.** Lors de la chute verticale d'un solide dans un fluide, le mouvement comporte deux phases :
- une première phase correspondant au « régime initial » ;
 - une seconde phase correspondant au « régime asymptotique ».

En justifiant la réponse, préciser sans calcul la nature du mouvement du centre d'inertie du solide en chute :

- au cours du régime initial ;
- au cours du régime asymptotique.

4. BILAN

Sans étude complémentaire, compte-tenu des expériences réalisées et des réponses aux questions **1.4.**, **2.2** et **3.2.**, analyser **pour l'ensemble des trois systèmes étudiés**, chacune des propositions données ci-dessous :

- le temps caractéristique dépend des grandeurs caractéristiques du système (proposition 1) ;
- le temps caractéristique dépend des conditions initiales (proposition 2) ;
- le temps caractéristique dépend des paramètres extérieurs (proposition 3).

Si la proposition est vérifiée simultanément pour les trois systèmes étudiés, on indiquera : proposition juste.

Si la proposition n'est pas vérifiée simultanément pour les trois systèmes étudiés, on indiquera : proposition fautive.

Si les informations données sont insuffisantes pour conclure, on indiquera : informations insuffisantes.

Aucune justification n'est demandée.